Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 1, Mar- Apr 2023, p. 107-124

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، فروردین- اردیبهشت ۱۴۰۲ ص.۱۲۷-۱۰۷

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir
Research Paper

Addition of Reducing Agents, Vitamin C and Citric Acid during Wheat Conditioning and their Effects on the Quality Characteristics of the Corresponding Flour and Dough

M. Seydhosseinzadeh[1], M. Hosseini[2]*, M. Shahedi[3], M. Kadivar[4]

Received: 2022.02.27
Revised: 2022.04.21
Accepted: 2022.04.26
Available Online: 2022.04.26

How to cite this article:
Seydhosseinzadeh, M., Hosseini, M., Shahedi, M., & Kadivar, M. (2023). Addition of reducing agents, vitamin C and citric acid during wheat conditioning and their effects on the quality characteristics of the corresponding flour and dough. *Iranian Food Science and Technology Research Journal 19*(1): 107-127. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/IFSTRJ.2022.75547.1151

Introduction

The most important component of wheat proteins is gluten, and the most prominent bonds in gluten are disulfide bonds, which bind glutenin subunits. Therefore, oxidizing and reducing agents with great effects on the thiol-disulfide system of the dough can change the mechanical and rheological properties of the dough. Due to the positive effects of ascorbic acid on the properties of the dough, it is used as a flour improver. To weaken the structure of the dough, reducing agents such as cysteine-L can be used, and by adding organic acids, increasing the specific volume and decreasing the moisture, the pH and hardness are observed in comparison with the control. This study is performed to evaluate the effect of adding reducing compounds, vitamin C and organic acids during the conditioning of wheat and their effect on the yield of the resulting pulp.

Materials and Methods

First, Physical properties of wheat include: specific density, colorimetry, estimation of grain length, width and thickness, grain hardness, hectoliters, 1000-grain weight, grain moisture, degree of extraction were measured for the tested wheat. Moisture, pH, ash, particle size, fat, protein and zeal number tests were performed on wheat flour. From elementary cleaned and weighed wheat, 13 samples of 240 g each were weighed separately and poured into plastic bottles. One sample was conditioned with only 30 ml of distilled water and the other 12 samples were conditioned with the following solutions, respectively:

1- Cysteine solution at three levels of 0.25, 0.5 and 0.75% by weight

2- Citric acid solution in three levels of 0.3, 0.4 and 0.5% by weight

3. Vitamin C solution in three levels of 100, 150 and 200 ppm

4- solution of 80 ppm vitamin C and 0.1% cysteine, solution of 100 ppm vitamin C and 0.2% cysteine, solution of 120 ppm vitamin C and 0.3% cysteine

After 24 hours, the conditioned wheat samples were milled by a laboratory waltz mill, and then subsequent tests including gluten, sulfhydryl-disulfide, glutathione, and solvent retention capacity (SRC) were performed on the samples.

Statistical analysis was performed using SAS statistical software in a randomized complete block design. Each measurement was performed in at least three replications and the means were compared at 95% confidence level with the least significant difference in LSD.

Results and Discussion

The results of physical tests on wheat grain and chemical tests on flour obtained by milling the wheat samples without adding additives during conditioning are presented in tables. The results of gluten, glutathione, sulfhydryl-

---

1, 3 and 4- Master's Degree and Profesors, Department of Food Science and Industry, School of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, respectively.
2- Assistance Professor, Department of Food Science and Industry, School of Agriculture, Ilam University
(*- Corressponding Authors Email: m.hosseini@ilam.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2022.75547.1151

disulfide and solvent storage capacity tests on samples of conditioned wheat flours are also presented. Based on the results of gluten and glutathione test, it was shown that ascorbic acid is oxidizing and strengthening the dough, but cysteine is reducing and weakening the dough. Simultaneous addition of cysteine and ascorbic acid strengthened the dough, adding citric acid to certain level strengthened the dough as exhibited in the gluten test. However, byond that level, weakened the dough, but in the glutathione test it was almost ineffective. The results of sulfhydryl-disulfide test showed that increasing the amount of vitamin C at three levels of 100, 150 and 200 ppm increases the number of disulfide bonds, although this increase was not in linear trend, which can be due to the limited number of groups of sulfhydryl with a suitable spatial arrangement for oxidation. Accordingly, the number of sulfhydryl groups is significantly reduced, although it does not reach zero. With the addition of reducing cysteine, the opposite trend was the case, as the number of thiol groups increased, the number of disulfide bonds and bridges decreased. The addition of organic acid had no significant effect on both parameters and showed that the performance of these two variables is independent. By adding both reducing and oxidizing compounds, it was found that the oxidizing effect of vitamin C is far greater than the reducing effect of cysteine. Regarding the solvent retention capacity test performed with 4 solvents of deionized water, 50% sucrose, 5% sodium carbonate and 5% lactic acid, the expected results are that the addition of cysteine has a reducing and weakening effect on the dough, adding vitamin C and cysteine + vitamin C strengthens the dough and the addition of citric acid initially strengthens the dough, but by increasing its level weakens the dough, but this effect is small and can beneglected . The results obtained by comparing the samples conditioned with cysteine, vitamin C, citric acid and cysteine + vitamin C, with the sample conditioned with distilled water in some additive levels matched the expected results, but in some cases did not.

Keywords: Additives, Citric acid, G, Oxidizing, Reducer

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 1, Mar- Apr 2023, p. 107-124

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، فروردین- اردیبهشت ۱۴۰۲ ص. ۱۲۴-۱۰۷

مقاله پژوهشی

افزودن ترکیبات احیا کننده، ویتامین C و اسید سیتریک حین مشروط نمودن گندم و اثر آنها بر ویژگی‌های کیفی خمیر حاصل از آرد آن

محیا صیدحسین زاده[۱]- محمدیار حسینی[۲]*- محمد شاهدی[۳]- مهدی کدیور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

چکیده

در بین آردهای غلات، فقط آرد گندم می‌تواند یک خمیر ویسکوالاستیک سه بعدی تشکیل دهد. از مواد افزودنی معمولاً در صنعت پخت و پز برای بهبود کیفیت محصولات نانوایی استفاده می‌شود. از جمله این مواد، اکسیدکننده و احیاکننده می‌باشند. در این پژوهش، ابتدا روی گندم روشن یکسری آزمون‌های فیزیکی انجام شد، مقداری از گندم آسیاب و روی آرد حاصل آزمون‌های شیمیایی انجام شد، سپس ۱۳ نمونه ۲۴۰ گرمی از گندم توزین، یک نمونه فقط با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر مشروط و سایر ۱۲ نمونه با ۳ سطح از ۴ نوع افزودنی مشروط شدند و ۲۴ ساعت بعد، آسیاب شدند و آزمایشاتی روی نمونه‌ها انجام شد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که درصد گلوتن از ۲۷/۲ با افزودن ویتامین C به ۳۰/۳، با سیستئین به ۲۵/۸، با سیستئین + ویتامین C به ۲۴/۵ و با اسید سیتریک به ۲۹/۳ رسید، میزان گلوتن بالاتر به معنای تقویت خمیر است. میزان پیوند SS از ۱۲/۲۵ با افزودن ویتامین C به ۱۳/۴۴، با سیستئین به ۸/۷۴، با سیستئین + ویتامین C به ۱۲/۸۷ و با اسید سیتریک به ۱۲/۱۲ رسید که تغییر معنی‌داری نداشت. میزان گلوتاتیون از ۰/۹، با افزودن ویتامین C به ۰/۷۱، با سیستئین به ۱/۰۲، با سیستئین + ویتامین C به ۰/۷۵، با اسید سیتریک به ۰/۹۳ رسید و نسبتا بی تاثیر بود. نتایج مورد انتظار آزمون ظرفیت نگهداری حلال بدین صورت است که افزودن سیستئین باعث تضعیف خمیر، افزودن ویتامین C و سیستئین + ویتامین C باعث تقویت خمیر، افزودن اسید سیتریک در ابتدا باعث تقویت خمیر و افزایش سطح آن باعث تضعیف خمیر می‌گردد. نتایج بدست آمده از مقایسه نمونه‌های مشروط شده با افزودنی‌ها، با نمونه مشروط شده با آب مقطر در برخی سطوح با نتایج مورد انتظار مطابقت داشت و در برخی موارد چنین نبود.

واژه‌های کلیدی: افزودنی‌ها، اکسیدکننده، احیاکننده، اسید سیتریک، گلوتن

مقدمه

گندم بیش از هر محصول غذایی دیگری کشت می‌شود و این امر ممکن است به دو دلیل باشد، اول اینکه گندم گیاهی مقاوم است و می‌تواند تحت شرایط مختلف محیطی و خاک رشد کند و دوم، بخش‌های قابل توجهی از جمعیت جهان محصولات بر پایه گندم را استفاده می‌نمایند (Bloksma *et al.*, 1998).

عمده مصرف گندم به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی به صورت نان است که کیفیت مطلوب آن از نظر طعم، مزه، طول مدت نگهداری و کاهش ضایعات اهمیت بسزایی دارد (Barron *et al.*, 2007). آرد گندم پرمصرف‌ترین و شناخته شده‌ترین نوع آرد می‌باشد (Gooding, 2009).

پروتئینهای آرد گندم بر اساس حلالیت (تقسیم بندی آزبورن) به چهار گروه آلبومین‌ها، گلوبولین‌ها، گلیادین و گلوتنین تقسیم می‌شوند. آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها به عنوان پروتئین‌های غیر گلوتنی هستند و ۱۵ درصد پروتئین آرد را تشکیل می‌دهند. در حالی که گلیادین و

۱، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
(*- نویسنده مسئول: Email: m.hosseini@ilam.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2022.75547.1151

گلوتنین که مجموعا گلوتن خوانده می‌شوند، حدودا ۸۵ درصد پروتئین آرد را تشکیل می‌دهند (Lagrain *et al*., 2006).

اگرچه گلیادین‌ها حاوی تعدادی اسید آمینه سیستئین هستند، آنها فقط پیوند SS درون مولکولی را تشکیل می‌دهند، از این رو در ساختار شبکه گلوتن دخیل نیستند. گلوتنین‌ها در مقایسه با گلیادین‌ها حاوی یک سیستئین اضافی هستند که در انتهای زنجیره قرار دارد، پیوندهای SS را با سایر پروتئین‌های گلوتنین تشکیل داده و در تشکیل شبکه گلوتن نقش دارد (Sahi, 2014). مهم ترین بخش پروتئین‌های گندم، گلوتن است که خصوصیات تکنولوژیکی گندم را به آن نسبت می‌دهند (Payan, 2011).

در طول مخلوط کردن و آبگیری آرد، گلوتن شبکه‌ای ویسکوالاستیک، منسجم و قوی تشکیل می‌دهد که به خمیر اجازه می‌دهد گازهای حاصل از تخمیر مخمر را نگه دارد و یک محصول سبک و دارای گاز را تشکیل دهد (Ravi, 2000). قبل از اینکه دانه فرآیند آسیاب کردن را طی نماید یا جهت خرد کردن و تبدیل به آرد وارد غلتک آسیاب کردن گردد، باید شسته شده یا آن را نم زده و حالت داد. به عبارت دیگر دانه را باید مشروط نمود (Khodabandeh, 2003).

مشروط‌سازی شامل افزودن آب به دانه خشک (به عنوان مثال گندم) و اجازه استراحت دانه برای مدت زمانی قبل از آسیاب شدن است. هدف از این کار نه تنها چرمی یا منعطف شدن سبوس و در نتیجه مقاوم کردن آن در برابر تکه تکه شدن در حین خرد کردن به قطعات کوچک است، بلکه همچنین نرم شدن آندوسپرم برای آسیاب آسان تر است. در واقع، سبوس با رطوبت بالا حالت چرمی و انعطاف‌پذیر دارد و در طول آسیاب در قطعات بزرگ باقی می‌ماند. این پدیده کمک زیادی به حذف سبوس از آرد می‌کند. آب آندوسپرم را نرمتر کرده و در نتیجه راحت تر آسیاب می‌شود. احتمال دارد که آب پیوند پروتئین- نشاسته را که عامل سختی دانه است می‌شکند یا ضعیف می‌کند.

به منظور تجزیه و تحلیل رابطه‌ی بین کیفیت آرد و کیفیت فرآورده‌های نانوایی، روش‌های سنجش رئولوژی خمیر (به عنوان مثال فارینوگرافی، میکسوگرافی، اکستنسوگرافی و آلوئوگرافی) و آزمون‌های پخت (نان، کلوچه و کیک) به صورت گسترده و سنتی استفاده شده است (Bloksma *et al*., 1998).

به طور کلی، آرد برای تولید نان، به جذب بالای آب، مقاومت مناسب گلوتن، محتوای نسبتا بالای نشاسته آسیب دیده و آرابینوزایلان‌ها نیاز دارد، در حالی که برای تولید کوکی، نیاز به جذب کم آب، مقاومت حداقلی گلوتن و محتوای کم نشاسته آسیب دیده و آرابینوزایلان‌ها نیاز دارد (Slade *et al*., 1994).

در مجموع، آزمون‌های تجربی رئولوژیکی و پخت می‌توانند خصوصیاتی از قبیل شدت آسیب نشاسته و ویژگی‌های رئولوژیکی پروتئین‌های گلوتن را مشخص نمایند ولی قادر به تعیین ظرفیت عملکردی اختصاصی هر یک از این اجزای پلی مری به طور جداگانه نمی‌باشند. توانایی تجزیه و تحلیل ظرفیت عملکردی اختصاصی هر جز پلی‌مری آرد، کاربران نهایی را به پیش‌بینی بهتر عملکرد کلی آرد و بدست آوردن فرآورده با کیفیت بهینه، از طریق درک بهتر مکانیسم‌ها برای مخلوط کردن خمیر و پختن، قادر می‌سازد. روش ظرفیت نگهداری حلال[1] (SRC)، به عنوان یک ابزار ارزشمند برای اندازه‌گیری خواص عملکردی هر جز پلیمری آرد برای کاربردهای گندم نرم توسط لوئیس اسلید در نابیسکو در اواخر سال (۱۹۸۰) شکل گرفت و توسعه یافت. ظرفیت نگهداری حلال (SRC) نوعی آزمون با استفاده از انواع خاصی از حلال برای آرد است که براساس رفتار تورمی تسریع شده‌ی اجزا پلی‌مری آرد می‌باشد. در ابتدا، آزمون SRC برای ارزیابی خواص عملکردی آرد گندم نرم طراحی شده بود اما بعدها برای ارزیابی خواص عملکردی آرد فرآورده‌های گندم سخت نیز به کار گرفته شد. آزمون SRC یک روش ساده، کوچک مقیاس، اقتصادی و کاربرپسند است (Kweon *et al*., 2011).

به دلیل ساده بودن روش SRC، تغییرات در مقادیر SRC آرد، بین آزمایشگاه‌ها و بین اپراتورهای آزمایشگاه بسیار کوچکتر از تغییرات دیگر آزمون‌های کیفیت آرد، مانند آزمون‌های رئولوژیکی و پخت نان است (Gaines *et al*., 2000). ظرفیت نگهداری حلال (SRC)، سازگاری انواع خاصی از حلال برای سه جزء عملکردی پلیمری آرد، شامل گلوتنین، نشاسته آسیب دیده و پنتوزان‌ها را فراهم می‌کند که به نوبه‌ی خود امکان پیش‌بینی وضعیت عملکردی هر یک از این اجزاء در آرد را نشان می‌دهد و در نتیجه امکان پیش‌بینی کیفیت فرآورده نهایی را امکان‌پذیر می‌سازد (Kweon *et al*., 2011). روش SRC علی‌رغم ساده بودن، به دلیل قدرت پیش‌بینی بسیار خوب، می‌تواند بسیاری از ویژگی‌های متنوع آرد دانه‌های غلات (گندم، جو، برنج، چاودار، چاودم و دانه‌های دیگر) را در زمان کوتاه و هزینه‌ی بسیار کم نشان دهد و به تنهایی و یا در کنار سایر روش‌های شناسایی، می‌تواند نقش بسیار مهمی را در تعیین کیفیت دانه و آرد غلات برای استفاده نهایی و تولید فرآورده‌های بهینه ایفا کند (Chavoshi *et al*., 2019). برجسته‌ترین پیوندها در گلوتن پیوندهای دی سولفید است که زیر واحدهای گلوتنین را به هم پیوند می‌دهد. از این رو، عوامل اکسید کننده و احیا کننده با تأثیرات زیاد بر سیستم تیول- دی سولفید خمیر می‌توانند بر میزان پلیمریزاسیون زیرواحدهای گلوتنین تأثیر بگذارند و در نتیجه خصوصیات مکانیکی و

1-Solvent retention capacity

رئولوژیکی خمیر را تغییر دهند (Bloksma *et al.*, 1998). اکسیدان‌های رایج برمات پتاسیم، اسید اسکوربیک و ازو دی کربن آمید، سورفاکتانت‌ها/ امولسیفایرها از جمله گلیسرول مونوستارت (GMS)، لاکتیلات سدیم استئارویل (SSL) و استرهای دی استیل تارتاریک مونوگلیسریدها (DATEM) هستند. استفاده از این مواد افزودنی در فراورده‌های نانوایی به دلیل مزایایی که ارائه می‌دهد از جمله افزایش (بهبود) حجم، بافت، خرد کردن، ماندگاری و ویژگی‌های برش نان در سراسر دنیا در حال افزایش است. گزارش‌های متعددی در مورد تأثیر مواد افزودنی بر کیفیت خمیر و نان در دسترس است. مزایای افزودنی‌ها وقتی بیشتر است که آرد با کیفیت مطلوب در دسترس نباشد یا فراورده‌های نانوایی از آرد مرکب (آرد گندم همراه با آرد دیگری) تهیه شود، بیشتر است (Levine *et al.*, 2004). اسید اسکوربیک به طور گسترده در صنعت نانوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در برخی از کشورها، تنها ماده اکسیدکننده شیمیایی است که در تهیه نان و سایر فراورده‌های نانوایی استفاده می‌شود. این ماده طبیعی است که در میوه‌ها و سبزیجات یافت می‌شود و به عنوان ویتامین C شناخته می‌شود. با این حال، بیشتر اسید اسکوربیک مورد استفاده در فرآوری غذا و تولیدات ترکیب شده با گلوکز با استفاده از ترکیبی از تخمیر و روش‌های شیمیایی سنتز می‌شود. اسید اسکوربیک به خودی خود یک ماده احیاکننده است اما با حضور گاز اکسیژن و آنزیم– اسکوربیک اسید اکسیداز که به طور طبیعی در آرد گندم یافت می‌شود، اسید اسکوربیک به فرم دهیدرو تبدیل می‌شود (Sahi, 2014). اکسیداسیون اسید اسکوربیک به اسید دهیدرو اسکوربیک به سرعت انجام می‌شود و قبل از پایان مرحله ترکیب کامل شده است (Levine *et al.*, 2004). به دلیل اثرات مثبت اسید اسکوربیک (AA) بر خواص خمیر است که به عنوان بهبود دهنده آرد از آن استفاده می‌شود (Hamed *et al.*, 2015). برای تضعیف ساختار خمیر می‌توان از عوامل احیاکننده مانند L- سیستئین استفاده کرد (Kweon *et al.*, 2011). L- سیستئین یک اسید آمینه طبیعی است که از ویژگی‌های عملکردی یک گروه SH آزاد در مولکول برخوردار است. این گروه به L- سیستئین اجازه می‌دهد تا پیوندهای دی سولفید بین پروتئین‌های تشکیل دهنده گلوتن را با واکنش‌های مبادله SH /SS شکسته و در نتیجه سیستئین پیوندهای دی سولفید بین پروتئین‌ها را احیا نموده و شبکه گلوتن خمیر را تضعیف کند که در نتیجه خمیر حاصل نرمتر و با خاصیت ویسکوالاستیک کمتر و قابلیت انعطاف‌پذیری بیشتر است (Sahi, 2014). به طور کلی، افزودن سیستئین منجر به افزایش جذب آب، کاهش زمان گسترش خمیر و کاهش ثبات خمیر، همچنین باعث کاهش اجزای الاستیک خمیر، کمک به استراحت خمیر و کاهش زمان اختلاط می‌شود هر چند کاربرد مقادیر بالای سیستئین باعث افزایش تراکم خمیر خواهد شد. L- سیستئین همچنین می‌تواند در ترکیب با اُکسیدان‌ها استفاده شود (Kweon *et al.*, 2011).

در یک مطالعه که با هدف بهبود کیفیت نان با افزودن اسید استیک، اسید لاکتیک، اسید مالیک، اسید فوماریک و اسید سیتریک به ترکیبات آن انجام شد، اثرات اسیدهای آلی بر خصوصیات پخت نان، رفتار رئولوژیکی خمیر و مطالعه مکانیسم این تأثیرات مورد بررسی قرار گرفت. نان‌های دارای ۰/۱ درصد اسید استیک، ۰/۴ درصد اسید لاکتیک، ۰/۳ درصد اسید مالیک، ۰/۳ درصد اسید فوماریک و ۰/۳ درصد اسید سیتریک افزایش حجم ویژه و کاهش رطوبت، مقدار pH و سختی را در مقایسه با شاهد نشان دادند. رفتار رئولوژیکی نشان داد که اسیدهای آلی فعالیت مخمر را افزایش داده و به افزایش توانایی تولید گاز کمک می‌کند. با این حال، بر تضعیف شبکه گلوتن تاثیرگذار بود که منجر به کاهش توانایی نگهداری گاز شد. وجود اسیدهای آلی هیدرولیز پروتئین‌ها و نشاسته‌ها را در خمیرها آغاز کرد و منجر به افزایش NH2، SH آزاد و کاهش محتوای قند شد (Rasper *et al.*, 1985).

این پژوهش به منظور ارزیابی اثر افزودن ترکیبات احیاکننده، ویتامین C و اسید سیتریک حین مشروط نمودن گندم و اثر آنها بر عملکرد خمیر حاصل از آن، انجام شد. با اینکه مشروط کردن از جمله کارهای روزمره‌ای است که بر روی گندم صورت می‌گیرد و مطالعات بسیاری بر روی اثر ویتامین C، اسید سیتریک و ترکیبات احیاکننده بر روی خمیر انجام شده است ولی تاکنون اثر افزودن این ترکیبات به خود گندم بررسی نشده و این ترکیبات فقط به آرد و خمیر حاصل از آن اضافه شده‌اند.

مواد و روش‌ها

چهار کیلوگرم گندم مورد استفاده در این مطالعه از نوع روشن و با مساعدت اداره کل جهاد کشاورزی استان خوزستان تهیه شد. سیستئین، ویتامین C و اسید سیتریک که به عنوان افزودنی حین مشروط نمودن گندم مورد استفاده قرار گرفتند، از شرکت سپاهان طب اصفهان تهیه شدند.

آزمون‌های فیزیکی شامل تعیین چگالی ویژه، هکتولیتر، وزن هزار دانه، رطوبت دانه، درجه استحصال (بازده آرد)، سختی دانه، رنگ‌سنجی، برآورد طول و عرض و ضخامت دانه روی گندم انجام شد.

چگالی ویژه

برای اندازه‌گیری چگالی ویژه دانه‌های گندم از روش پیکنومتر و تولوئن استفاده شد.

هکتولیتر

وزن هکتولیتر دانه‌های گندم با استفاده از دستگاه هکتولیتر مدل روسی که دارای ظرف استوانه‌ای شکل به گنجایش یک لیتر است، اندازه‌گیری شد.

وزن هزار دانه

طبق روش ماروتی و همکاران (Mariotti *et al*., 2016) انجام شد. برای تعیین وزن هزار دانه از سینی مخصوص به نام دانه شمار پانصدتایی استفاده گردید. با دو بار استفاده از این سینی وزن هزار دانه بدست آمد.

رطوبت دانه

طبق روش مصوب AACC به شماره A ۱۵-۴۴ انجام شد.

درجه استحصال (بازده آرد)

درجه استحصال آرد بر اساس مقدار تولید آرد بر حسب گرم از مقدار مشخصی دانه محاسبه گردید.

سختی دانه

سختی دانه بر حسب یک دانه و یا بر حسب حجمی از دانه‌ها بیان می‌شود. در این روش با استفاده از دستگاه اینستران که مقاومت بافت را اندازه‌گیری می‌کند، سختی دانه‌ها به صورت انفرادی تعیین گردید. پس از تعیین ضخامت و عرض به وسیله کولیس، دانه در تکیه‌گاه مخصوص میز دستگاه قرار داده شد. منحنی بدست آمده، نیروی لازم برای برش را مشخص کرد و سختی دانه با فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{حداکثر تنش برشی}\ (gr/mm^2) = \frac{\text{فاصله دو پایه تکیه گاه از یکدیگر}(mm) \times \text{نیروی وارد بر دانه}(g) \times ۳}{(\text{ضخامت دانه}(mm))^{۲} \times \text{عرض دانه}(mm) \times ۲}$$

رنگ‌سنجی

ویژگی‌های رنگی دانه‌های ارقام مختلف شامل سه بعد L* (روشنی)، b* (زردی-آبی) و a* (قرمزی-سبزی) توسط دستگاه هانترلب تعیین شدند. این فضای رنگی از سه مولفه تشکیل شده است. L* معادل روشنایی تصویر که بین صفر معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور است. مقادیر مولفه a* نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر b* نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است. در اکثر موارد در پژوهش‌های صنایع غذایی از فضای رنگی a*، b* و L* استفاده می‌شود (Jang *et al*., 2006).

برآورد طول و عرض و ضخامت دانه

اندازه‌گیری ابعاد دانه، طبق روش بایرام و همکاران (Bayram *et al*., 2004) توسط کولیس دیجیتال انجام شد.

آزمون‌های رطوبت، pH، خاکستر، اندازه ذرات، چربی، پروتئین و عدد زلنی روی آرد حاصل از آسیاب گندم انجام شد.

رطوبت آرد

اندازه‌گیری درصد رطوبت طبق روش مصوب AACC به شماره ۱۶-۴۴ انجام شد.

pH آرد

با استفاده از روش مصوب ۳۷ استاندارد ملی ایران اندازه گیری شد.

خاکستر

اندازه‌گیری خاکستر طبق روش مصوب AACC به شماره ۰۱-۰۸ و ۱۰-۳۲ و با استفاده از بوته چینی (کروزه) و کوره الکتریکی انجام شد.

اندازه ذرات

اندازه ذرات آرد (درصد) با استفاده از دستگاه الک شیکر و استاندارد ملی ایران به شماره ۷۳۱۰ اندازه‌گیری شد.

چربی

اندازه‌گیری درصد چربی با استفاده از روش AACC به شماره ۲۵-۳۰ انجام گرفت.

پروتئین

درصد پروتئین طبق روش AACC به شماره ۱۲-۴۶ انجام گرفت.

رسوب زلنی

بااستفاده از روش AACC به شماره ۶۱-۵۶ و با کمی اصلاح به شرح ذیل انجام گرفت.

پس از مراحل فوق، از گندم پاک و توزین شده ابتدایی، ۱۳ نمونه ۲۴۰ گرمی به طور جداگانه توزین گردید و در بطری‌های پلاستیکی ریخته شد. یک نمونه فقط با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر مشروط گردید و سایر ۱۲ نمونه به ترتیب با محلول‌های زیر مشروط شدند:

۱- محلول سیستئین در سه سطح ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد وزنی- وزنی

۲-محلول اسید سیتریک در سه سطح ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد وزنی- وزنی

۳-محلول ویتامین C در سه سطح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ppm

۴-محلول ۸۰ ppm ویتامین C و ۰/۱ درصد سیستئین، محلول ۱۰۰ ppm ویتامین C و ۰/۲ درصد سیستئین، محلول ۱۲۰ ppm ویتامین C و ۰/۳ درصد سیستئین (اضافه کردن همزمان به منظور افزایش تاثیر افزودنی‌ها صورت گرفت.)

بعد از گذشت ۲۴ ساعت، نمونه گندم‌های مشروط شده، بوسیله آسیاب والسی آزمایشگاهی آسیاب شدند و سپس نمونه‌های آرد حاصله (با رطوبتی در حدود ۱۴/۵ درصد) برای آزمایشات بعدی که شامل: گلوتن، سولفیدریل- دی سولفید، گلوتاتیون و ظرفیت نگهداری حلال (SRC) بودند، در کیسه‌های پلاستیکی زیپ دار و در فریزر نگهداری شدند.

گلوتن

با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۲-۹۶۳۹ انجام شد.

سولفیدریل- دی سولفید

آزمایش طبق روش گوزمان و همکاران (Guzman *et al.*, 1974) انجام شد.

گلوتاتیون

اندازه‌گیری کل مواد احیاء کننده طبق روش سوفیلد و چن (Schofield and Chen, 1995) انجام گردید.

ظرفیت نگهداری حلال (SRC)

ظرفیت نگهداری حلال (SRC) با استفاده از روش کوچک مقیاس طبق روش (Guzman *et al.*, 2015).که با توجه به نسخه روش استاندارد SRC از AACC (روش ۱۱-۵۶، ۲۰۰۰) می‌باشد، تعیین شد.

آنالیز آماری

آنالیز واریانس اثر افزودن ترکیبات احیا کننده، ویتامین C و اسیدهای آلی حین مشروط نمودن گندم با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. هر اندازه‌گیری حداقل در سه تکرار انجام و میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد و با حداقل تفاوت معنادار LSD[1] مقایسه گردید.

1- The least significant difference

نتایج وبحث

آزمون‌های فیزیکی

ویژگی‌های فیزیکی گندم شامل: چگالی ویژه، رنگ‌سنجی، برآورد طول، عرض و ضخامت دانه، سختی دانه، هکتولیتر، وزن هزار دانه، رطوبت دانه، درجه استحصال (بازده آرد) برای گندم مورد آزمون (روشن) اندازه‌گیری شده و در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی آرد گندم

نتایج آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی آرد گندم (بدون مشروط کردن گندم و اضافه کردن افزودنی ها) در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

آزمون‌های شیمیایی روی نمونه های آرد گندم مشروط شده

گلوتن

نتایج حاصل از سنجش گلوتن مرطوب و گلوتن ایندکس در جدول ۵ ارائه شده است. در نمونه آردی که گندم با آب مقطر مشروط شده بود مقدار گلوتن ۲۷/۲ درصد بود و افزودن ویتامین C در سطح ۱۰۰ ppm حین مشروط کردن گندم باعث افزایش این مقدار گلوتن به ۳۰/۳ درصد شد، ولی در سطوح بالاتر ویتامین C این مقدار اندکی کاهش یافت که می‌تواند به دلیل اثر احیاکنندگی این ویتامین در مقادیر زیاد باشد. همگام با این تغییرات گلوتن ایندکس نیز ابتدا با افزایش غلظت ویتامین C افزایش یافت و سپس در ادامه با افزایش مقادیر ویتامین C تا ۲۰۰ ppm کاهش یافت. از آنجایی‌که درصد گلوتن بیشتر به معنای آرد قوی‌تر می‌باشد، در واقع افزایش ویتامین C باعث تقویت خمیر شد. افزودن سیستئین در سطح ۰/۲۵ درصد میزان گلوتن را کاهش داد و با بالا رفتن مقدار سیستئین نیز درصد گلوتن باز هم اندکی کاهش یافت، یعنی سیستئین باعث تضعیف خمیر شده است زیرا ماده‌ای بشدت احیاکننده است. این وضعیت را در مورد گلوتن ایندکس نمونه‌های مشروط شده با سیستئین نیز می‌توان مشاهده نمود. در اثر افزودن اسید سیتریک مقدار گلوتن افزایش یافت. هر چند با افزایش بیشتر مقدار اسید سیتریک، میزان گلوتن کاهش یافت. افزودن همزمان ویتامین C و سیستئین نشان داد که با افزایش سطح ویتامین C و سیستئین مقدار گلوتن قابل اندازه‌گیری و از آن مهم تر گلوتن ایندکس افزایش یافت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی دانه

Table 1- Physical characteristics of seeds

آزمون (Test)	چگالی ویژه (Specific density)	سختی دانه (Hardness Index) (gr/mm^2)	وزن هکتولیتر (Hectoliter weight) (kg)	وزن هزار دانه (TKW) (gr)	رطوبت (Moisture) (٪)	درجه استحصال (Degree of extraction) (٪)
میانگین (M)	1.2025	1811	79.5	35	8.08	73
انحراف معیار (Sd)	0.13	0.42	3.89	3.6	0.14	3.6

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی دانه- رنگ و ابعاد

Table 2- Physical characteristics of seeds- Color and dimensions

آزمون (Test)	ضریب کرویت (Sphericity factor)	ابعاد دانه (mm) (Seed dimensions)			رنگ دانه (Seed color)		
		ضخامت (T)	عرض (W)	طول (L)	a*	b*	L*
میانگین (M)	0.57	2.47	3.1	6.38	10.81	25.03	53.8
انحراف معیار (Sd)	0.02	0.35	0.43	0.51	0.36	0.2	0.88

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آرد گندم

Table 3- Physical and chemical characteristics of wheat flour

آزمون (Test)	عدد زلنی (ml) (Zeleny sedimentation)	پروتئین (٪) (Pro)	چربی (٪) (Fat)	خاکستر (٪) (Ash)	pH	رطوبت (٪) (Moisture)
میانگین (M)	21.93	13.1	0.56	1.1	6.16	8.9
انحراف معیار (Sd)	0.71	0.3	0.01	0.14	0.06	0.24

جدول ۴- ویژگی‌های فیزیکی آرد گندم- اندازه ذرات

Table 4- Physical characteristics of wheat flour- particle size

آزمون (Test)	اندازه ذرات به درصد(حداکثر) (Particles Size in percent(Maximum))				
	زیر الک 106 میکرون (Under the 106 micron sieve)	روی الک 106 میکرون (On a 106 micron sieve)	روی الک 125 میکرون (On a 125 micron sieve)	روی الک 180 میکرون (On a 180 micron sieve)	روی الک 425 میکرون (On a 425 micron sieve)
میانگین (M)	حداکثر 75 (Maximum 75)	حداکثر 20 (Maximum 20)	حداکثر 5 (Maximum 5)	–	–
انحراف معیار (Sd)	3.6	1.73	2.64	–	–

سه عامل احیا کننده L-سیستئین هیدروکلراید، گلوتاتیون و پروتئاز در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ppm توسط کائور و همکاران (Kaur *et al*., 2013) استفاده شد. اثرات عوامل احیاکننده بر بازیابی گلوتن و درصد کاهش گلوتن برای ارقام گندم PBW-343 و RAJ-3765 تعیین شد. با افزودن عوامل احیاکننده، بازیابی گلوتن مرطوب در مقایسه با شاهد کاهش یافت اما این کاهش معنی‌دار نبود (P>0.05)، حداکثر کاهش در عملکرد گلوتن مرطوب توسط گلوتاتیون ایجاد شد. درصد از دست دادن گلوتن مرطوب نیز تعیین شد، همه نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد داشتند. درصد از دست دادن گلوتن مرطوب با افزایش غلظت عوامل احیاکننده افزایش

یافت. بیش‌ترین از دست دادن گلوتن مرطوب توسط گلوتاتیون ایجاد شد. روند مشابهی در مورد عملکرد گلوتن خشک و درصد کاهش گلوتن خشک ارقام گندم مشاهده شد.

جدول ۵- میزان گلوتن تر آرد گندم

Table 5- The gluten content of wheat flour

نوع آرد گندم (Type of wheat fiour)	گلوتن ایندکس (Gluten index (%))	گلوتن تر (Wet gluten(%))
مشروط شده با آب مقطر (Conditioned with distilled water)	23 ±0.2 fg	27.2 ±0.3 abcd
مشروط شده با 100 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 100 ppm)	25.8 ±0.72 f	30.3 ±0.65 a
مشروط شده با150 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 150 ppm)	22.9 ±0.36 fg	28.6 ±1.12 ab
مشروط شده با 200 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 200 ppm)	21.2 ±0.62 gh	27.5 ±0.87 abcd
مشروط شده با سیستئین 0.25 درصد (Conditioned with cys 0/25 %)	20.9 ±1.34 gh	25.8 ±0.62 bcd
مشروط شده با سیستئین 0.5 درصد (Conditioned with cys 0/5 %)	18.2 ±0.87 gh	25.1 ±0.65 cd
مشروط شده با سیستئین 0.75 درصد (Conditioned with cys 0/75 %)	14.2 ±1.04 i	24.5 ±0.62 d
مشروط شده با اسید سیتریک 0.3 درصد (Conditioned with citric acid 0/3 %)	48.1 ±0.5 ab	29.3 ±0.88 ab
مشروط شده با اسید سیتریک 0.4 درصد (Conditioned with citric acid 0/4 %)	44.4 ±0.55 bc	28.8 ±0.52 abc
مشروط شده با اسید سیتریک 0.5 درصد (Conditioned with citric acid 0/5 %)	40.2 ±1.04 d	28.1 ±0.45 abcd
مشروط شده با سیستئین 0.1 درصد و ppm 80ویتامین C (Conditioned with cys 0/1 %+ vit C 80 ppm)	49.7 ±0.43 a	24.5 ±0.55 d
مشروط شده با سیستئین 0.2 درصد و 100 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/2 %+ vit C 100 ppm)	43.4 ±0.6 cd	25.8 ±0.43 bcd
مشروط شده با سیستئین 0.3 درصد و 120 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/3 %+ vit C 120 ppm)	35.5 ±1.08 e	27.6 ±0.65 abcd

* حروف مشترک نشانه عدم معنی‌داری و حروف غیر مشترک دلالت بر اختلاف معنی‌دار دارد.

*Common letters indicate lack of significance and non-common letters indicate meaningful differences.

*اعداد میانگین ± انحراف معیار می‌باشند.

*The number are mean ± standard deviation.

سولفیدریل- دی سولفید

نتایج حاصل از سنجش سولفیدریل و دی سولفید در جدول ۶ ارائه شده است. بر این اساس با افزایش مقدار ویتامین C بر تعداد پیوندهای دی سولفید افزوده شد هر چند این روند بصورت خطی خود را نشان نداد که می‌تواند بدلیل محدودیت تعداد گروه‌های سولفیدریل با آرایش فضایی مناسب جهت اکسید شدن باشد. بر همین اساس بشکلی معنی‌دار از تعداد گروه‌های سولفیدریل کاسته شد هر چند به صفر نرسید. با افزودن سیستئین احیا کننده عکس حالت فوق پدیدار شد به گونه‌ایی که همگام با کاهش تعداد پیوندها و پل‌های دی سولفیدی، بر تعداد گروه‌های تیول افزوده شد. افزودن اسید آلی تاثیر معنی‌داری بر هر دو پارامتر نداشت و نشان داد که عملکرد این دو بصورت مجزا از هم بوده است. با افزودن هر دو ترکیب احیا و اکسیدکننده مشخص گردید که اثر اکسیدکنندگی ویتامین C بمراتب بیشتر از تاثیر احیا کنندگی سیستئین بود که این امر می‌تواند بدلیل آن باشد که آنزیم‌های اکسیداز خود بطور مستقیم بر سیستئین بی‌اثرند و تنها در حضور دی هیدرواسکوربیک اسید است که امکان تشکیل پل‌های دی سولفیدی فراهم می‌شود. این وضعیت تا حدی است که تعداد پل‌های دی سولفیدی بدنبال افزودن همزمان هر دو پارامتر، به میزان پل‌ها در آرد اولیه نزدیک شود (Belitz *et al*., 1986).

جدول ۶- میزان سولفیدریل و دی سولفید
Table 6- Amount of sulfhydryl and disulfide

نوع آرد گندم (Type of wheat fiour)	میزان دی سولفید (Amount of disulfide(µm/g))	میزان سولفیدریل (Amount of sulfhydryl(µm/g))
مشروط شده با آب مقطر (Conditioned with distilled water)	12.25 ±1.03 ^{b}	0.54 ±0.05 ^{cd}
مشروط شده با 100 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 100 ppm)	13.44 ±0.87 ^{a}	0.31 ±0.05 ^{fe}
مشروط شده با150 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 150 ppm)	13.26 ±0.91 ^{ab}	0.26 ±0.07 ^{f}
مشروط شده با 200 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 200 ppm)	13.28 ±1.11 ^{ab}	0.15 ±0.02 ^{f}
مشروط شده با سیستئین 0.25 درصد (Conditioned with cys 0/25 %)	8.74 ±0.61 ^{c}	0.66 ±0.04 ^{c}
مشروط شده با سیستئین 0.5 درصد (Conditioned with cys 0/5 %)	6.11 ±0.47 ^{d}	0.88 ±0.08 ^{b}
مشروط شده با سیستئین 0.75 درصد (Conditioned with cys 0/75 %)	3.76 ±0.55 ^{e}	1.38 ±0.06 ^{a}
مشروط شده با اسید سیتریک 0.3 درصد (Conditioned with citric acid 0/3 %)	12.12 ±0.49 ^{b}	0.59 ±0.04 ^{cd}
مشروط شده با اسید سیتریک 0.4 درصد (Conditioned with citric acid 0/4 %)	11.98 ±0.98 ^{b}	0.49 ±0.02 ^{cd}
مشروط شده با اسید سیتریک 0.5 درصد (Conditioned with citric acid 0/5 %)	12.67 ±0.67 ^{ab}	0.51 ±0.03 ^{cd}
مشروط شده با سیستئین 0.1 درصد و 80 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/1 %+ vit C 80 ppm)	12.87 ±0.39 ^{ab}	0.44 ±0.04 ^{de}
مشروط شده با سیستئین 0.2 درصد و 100 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/2 %+ vit C 100 ppm)	13.41 ±0.76 ^{a}	0.49 ±0.03 ^{cd}
مشروط شده با سیستئین 0.3 درصد و 120 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/3 %+ vit C 120 ppm)	13.89 ±0.47 ^{a}	0.61 ±0.02 ^{cd}

* حروف مشترک نشانه عدم معنی‌داری و حروف غیر مشترک دلالت بر اختلاف معنی‌دار دارد.
*Common letters indicate lack of significance and non-common letters indicate meaningful differences.
*اعداد میانگین ± انحراف معیار می‌باشند.
*The number are mean ± standard deviation.

گلوتاتیون

نتایج بدست آمده برای میزان گلوتاتیون در جدول ۷ ارائه شده است. براساس این نتایج میزان گلوتاتیون نمونه آردی که گندم آن با آب مقطر مشروط شده ۰/۹ بوده است و برای نمونه مشروط شده با سیستئین این مقدار به ۱/۲۶ افزایش یافته است. یعنی سیستئین توانسته حالت احیا در آرد حاصل را بیشتر کند و درواقع تعداد بیشتری گروههای سولفیدریل تامین کند و درنتیجه باعث تضعیف خمیر شده است. برای نمونه مشروط شده با ویتامین C مقدار گلوتاتیون به ۰/۵۷ کاهش یافته است و اثر احیاکنندگی آن نیز کاسته شده است و در نتیجه باعث تقویت خمیر شده است، ویتامین C شدت اثر گلوتاتیون را تا بیش از ۳۰ درصد کاهش داده است و اگر بصورت مستقیم به آرد اضافه می‌شد تاثیر بیشتری داشت، بنابراین اگر در مرحله مشروط کردن مورد استفاده قرار گیرد امکان افزودن آن تا ۵۰۰ میلی‌گرم وجود دارد. در مورد نمونه مشروط شده با اسید سیتریک نیز به دلیل اینکه میزان گلوتاتیون تقریبا با نمونه مشروط شده با آب مقطر برابر بود، درنتیجه بی اثر بوده است. ذکر این نکته ضروری است که در آرد کامل گلوتاتیون بشکل دست نخورده در آرد باقی می‌ماند و یکی از دلایل کاهش حجم نان حاصل از آرد کامل یک واریته در مقایسه با نان تهیه شده از همان آرد اما سبوس گرفته، وجود همین گلوتاتیون است. بنابراین استفاده از مواد افزودنی بویژه ویتامین C قبل از فرایند آسیاب باعث می‌شود تا در صورت تهیه آرد کامل، مشکل کاهش حجم نان کمتر دیده شود. کائور و همکاران (Kaur *et al*., 2013) تاثیر عوامل احیاکننده بر ویژگی‌های کیفی خمیر و کلوچه را نیز

بررسی کردند. با افزودن عوامل احیاکننده، مقاومت به کشش در مقایسه با شاهد کاهش یافت و کاهش معناداری داشت (P<0.05). با افزایش غلظت عوامل احیاکننده، مقاومت به کشش پذیری نیز کاهش یافت، حداکثر کاهش مقاومت در برابر کشش توسط گلوتاتیون در مقایسه با L-سیستئین و پروتئاز ایجاد شد. قابلیت کشش خمیر نیز با استفاده از اکستنسوگراف برای بررسی اثر عوامل احیاکننده تعیین شد. همه نمونه‌ها از نظر کشش‌پذیری خمیر تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند (P<0.05). با افزایش غلظت عوامل احیاکننده، کشش‌پذیری خمیر افزایش یافت.

ظرفیت نگهداری حلال (SRC)

نتایج مقایسه میانگین SRC در حلال‌های متفاوت در جدول ۸ آمده است و نمودار مربوط به هر حلال نیز در شکل‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است که محور عمودی هر نمودار نتایج مقدار SRC بدست آمده (واحد درصد) و محور افقی نوع تیمار انجام شده است.

جدول ۷- میزان گلوتاتیون آرد گندم

Table 7- The amount of glutathione in wheat flour

نوع آرد گندم (Type of wheat fiour)	میزان گلوتاتیون (Amount of glutathione)
مشروط شده با آب مقطر (Conditioned with distilled water)	0.9 ±0.04 c
مشروط شده با 100 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 100 ppm)	0.71 ±0.03 c
مشروط شده با150 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 150 ppm)	0.57 ±0.04 a
مشروط شده با 200 ppm ویتامین C (Conditioned with vit C 200 ppm)	0.46 ±0.07 a
مشروط شده با سیستئین 0.25 درصد (Conditioned with cys 0/25 %)	1.02 ±0.08 c
مشروط شده با سیستئین 0.5 درصد (Conditioned with cys 0/5 %)	1.26 ±0.07 b
مشروط شده با سیستئین 0.75 درصد (Conditioned with cys 0/75 %)	1.43 ±0.05 a
مشروط شده با اسید سیتریک 0.3 درصد (Conditioned with citric acid 0/3 %)	0.93 ±0.03 c
مشروط شده با اسید سیتریک 0.4 درصد (Conditioned with citric acid 0/4 %)	0.85 ±0.07 c
مشروط شده با اسید سیتریک 0.5 درصد (Conditioned with citric acid 0/5 %)	0.89 ±0.04 c
مشروط شده با سیستئین 0.1 درصد و 80 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/1 %+ vit C 80 ppm)	0.75 ±0.05 b
مشروط شده با سیستئین 0.2 درصد و 100 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/2 %+ vit C 100 ppm)	0.69 ±0.04 b
مشروط شده با سیستئین 0.3 درصد و 120 ppm ویتامین C (Conditioned with cys 0/3 %+ vit C 120 ppm)	0.61 ±0.08 a

* حروف مشترک نشانه عدم معنی‌داری و حروف غیر مشترک دلالت بر اختلاف معنی‌دار دارد.

*Common letters indicate lack of significance and non-common letters indicate meaningful differences.

*اعداد میانگین ± انحراف معیار می‌باشند.

*The number are mean ± standard deviation.

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین درصد ظرفیت نگهداری حلال در حلال های متفاوت آب، ساکارز ۵۰ درصد، سدیم کربنات ۵ درصد و اسید لاکتیک ۵ درصد و تیمارهای متفاوت ویتامین C، سیستئین و اسید سیتریک

Table 8- The comparison results of the average percentage of solvent retention capacity in different solvents of water, sucrose 50%, sodium carbonate 5% and lactic acid 5% and different treatments of vitamin C, cysteine and citric acid

تیمار (Treatment)	آب دیونیزه (Distilled water)	ساکارز50 درصد (Sucrose 50 %)	سدیم کربنات 5 درصد (Sodium carbonate 5%)	لاکتیک اسید 5 درصد (Lactic acid 5%)
مشروط شده (با آب مقطر) (Conditioned with distilled water)	±0.45 82.79	114.29 ±4.11	98.84 ±2.70	108.13 ±3.70
ویتامین C (100 ppm) (vit C 100 ppm)	±0.65 85.94	112.42 ±3.77	99.51 ±4.42	104.87 ±5.25
ویتامین C (200 ppm) (vit C 200 ppm)	±5.59 77.14	124.22 ±3.75	92.50 ±4.37	101.30 ±3.44
سیستئین 0.25 ٪ (cys 0/25 %)	±2.31 77.14	122.11 ±8.90	92.66 ±2.17	97.64 ±4.20
سیستئین 0.5 ٪ (cys 0/5 %)	±1.06 79.37	122.17 ±5.78	96.99 ±0.62	103.18 ±1.30
سیستئین 0.75 ٪ (cys 0/75 %)	±4.26 80.50	123.64 ±3.60	95.67 ±0.61	99.16 ±1.38
اسید سیتریک 0.4 درصد (citric acid 0/4 %)	±3.34 83.96	116.04 ±0.24	99.47 ±2.97	107.91 ±1.74
اسید سیتریک 0.5 درصد (citric acid 0/5 %)	±2.15 74.26	126.80 ±1.78	91.36 ±2.03	106.06 ±1.98
اسید سیتریک 0.3 درصد (citric acid 0/3 %)	±0.31 80.24	118.12 ±1.88	96.71 ±2.98	108.99 ±0.29
سیستئین 0.1 + ویتامین C (ppm 80) (cys 0/1 %+ vit C 80 ppm)	±3.79 76.65	117.29 ±13.75	91.08 ±2.17	101.95 ±1.76
سیستئین 0.2 + ویتامین C (ppm 100) (cys 0/2 %+ vit C 100 ppm)	±2.72 84.10	122.28 ±8.64	101.27 ±3.19	±1.01 107.93
سیستئین 0.3 + ویتامین C (ppm 120) (cys 0/3 %+ vit C 120 ppm)	±1.83 80.27	124.00 ±6.34	98.19 ±2.77	107.61 ±5.62
LSD 5%	3.51	3.41	4.92	5.48

*اعداد میانگین ± انحراف معیار می‌باشند.

*The number are mean ± standard deviation.

*معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

*Significant at level of 5%

نتایج تجزیه واریانس دلالت بر واکنش متفاوت تیمارها در زمینه حلال اب بود. مقدار SRC در حلال اب در نتیجه استفاده از تیمار ویتامین C با غلظت ۲۰۰ ppm بیشترین مقدار (۸۵/۹۴) و در تیمار اسید سیتریک ۰/۵ درصد کمترین مقدار را نشان داد.

نتایج بدست آمده از میانگین ۳ تکرار آزمون SRC با حلال‌های مختلف با نتایجی که از اثرات مواد افزودنی حین مشروط کردن گندم مورد انتظار است و بدین صورت است که افزودن ویتامین C (اکسید کننده) و افزودن همزمان ویتامین C و سیستئین باعث تقویت خمیر، افزودن سیستئین (احیا کننده) باعث تضعیف خمیر و افزودن اسید سیتریک ابتدا باعث تقویت خمیر و افزایش سطح آن باعث تضعیف خمیر شده است، مقایسه گردید.

جدول ۹- تجزیه واریانس نتایج درصد ظرفیت نگهداری حلال در حلال های متفاوت آب، ساکارز ۵۰ درصد، سدیم کربنات ۵ درصد و لاکتیک اسید ۵ درصد و تیمارهای متفاوت ویتامین C، سیستئین و اسید سیتریک

Table 9- Variance analysis of the results of the percentage of solvent holding capacity in different solvents of water, sucrose 50%, sodium carbonate 5% and lactic acid 5% and different treatments of vitamin C, cysteine and citric acid

		میانگین مربعات (Mean of squares)			
	درجه آزادی (Df)	آب دیونیزه (Distilled water)	ساکارز50 درصد (Sucrose 50 %)	سدیم کربنات 5 درصد (Sodium carbonate 5%)	لاکتیک اسید 5 درصد (Lactic acid 5%)
تکرار (Repetition)	2	50.09**	8.82**	2.81**	1.57**
تیمار (Treatment)	11	** 37.24	ns 59.42	ns 36.91	ns 44.45
خطا (Error)	22	4.30	4.06	8.45	10.49

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

*Significant at level of 5%

در مورد ظرفیت نگهداری حلال (SRC) با حلال آب دیونیزه برای نمونه مشروط شده با آب مقطر درصد SRC برابر ۸۲/۷۹ و برای سیستئین در ۳ سطح ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد به ترتیب ۷۷/۱۴، ۷۹/۳۷ و ۸۰/۵۰ بوده است، در مورد آزمون گلوتن نیز نمونه مشروط شده با آب مقطر در مقایسه با نمونه‌های مشروط شده با سیستئین درصد گلوتن بالاتری داشت و آرد قوی تری بود. درصد SRC برای نمونه مشروط شده با ویتامین C ۱۰۰ و ppm ۲۰۰ به ترتیب ۸۵/۹۴ و ۷۷/۱۴ بوده است که در سطح ppm ۱۰۰ از نمونه مشروط شده با آب مقطر بالاتر بود و با نتایج آزمون گلوتن نیز مطابقت داشت ولی در سطح ppm ۲۰۰ آزمون SRC نتوانست اثر تقویت کنندگی ویتامین C بر روی خمیر را نشان دهد. درصد SRC افزودن همزمان سیستئین ۰/۱+ ویتامین C ppm ۸۰ برابر ۷۶/۶۵، سیستئین ۰/۲+ ویتامین C ppm ۱۰۰ برابر ۸۴/۱۰ و سیستئین ۰/۳+ ویتامین C ppm ۱۲۰ برابر ۸۰/۲۷ بوده است و با نتایج آزمون گلوتن در دو سطح سیستئین ۰/۱+ ویتامین C ppm ۸۰ و سیستئین ۰/۲+ ویتامین C ppm ۱۰۰ مطابق بود یعنی باعث تقویت خمیر شد ولی در سطح سیستئین ۰/۳+ ویتامین C ppm ۱۲۰ چنین نبود و بر روی نمودار با نمونه مشروط شده با آب مقطر تفاوت معناداری نداشت (شکل ۳-۱). درصد SRC اسید سیتریک در سه سطح ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد به ترتیب ۸۰/۲۴، ۸۳/۹۶ و ۷۴/۲۶ بوده است و در مقایسه با نمونه مشروط شده با آب مقطر ابتدا باعث تقویت خمیر شد ولی با افزایش سطح آن باعث تضعیف خمیر گردید که در مورد آزمون گلوتن نیز چنین بود، از آنجایی که طبق نمودار اسید سیتریک در ۲ سطح ۰/۳ و ۰/۴ درصد با نمونه مشروط شده با آب مقطر تفاوت معناداری نداشت (شکل ۱) و نتایج آزمون گلوتاتیون هم نشان داد اسید سیتریک نسبتا بی تاثیر بوده است پس نتایج با آزمون مذکور هم مطابق بود.

ظرفیت نگهداری حلال (SRC) با حلال ساکارز ۵۰ درصد برای نمونه مشروط شده با آب مقطر درصد SRC برابر۱۱۴/۲۹ و برای سیستئین در ۳ سطح ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد به ترتیب ۱۲۲/۱۱، ۱۲۲/۱۷ و ۱۲۳/۶۴ بود که با اثر احیا و تضعیف سیستئین و نتایج آزمون گلوتن مطابق نبود. درصد SRC برای نمونه مشروط شده با ویتامین C ۱۰۰ و ppm ۲۰۰ به ترتیب ۱۱۲/۴۲ و ۱۲۴/۲۲ بود که با نتایج آزمون گلوتن و اثر تقویت ویتامین C در سطح ppm ۲۰۰ مطابقت داشت و درصد SRC آن به طور معناداری بالاتر بود ولی در سطح ppm ۱۰۰ مطابقت نداشت و با توجه به اینکه تفاوت معناداری با نمودار نمونه مشروط شده با آب مقطر نداشت تقریبا بی اثر بود (شکل ۲). درصد SRC افزودن همزمان سیستئین ۰/۱+ ویتامین C ppm ۸۰ برابر ۱۱۷/۲۹، سیستئین ۰/۲+ ویتامین C ppm ۱۰۰ برابر ۱۲۲/۲۸ و سیستئین ۰/۳+ ویتامین C ppm ۱۲۰ برابر ۱۲۴/۰۰ بوده است و با نتایج آزمون گلوتن در هر سه سطح مطابق بود و اثر تقویت بر روی خمیر داشت و پنتوزان بیشتر توانست حلال ساکارز بیشتری را در خود نگهداری کند و به دام بیاندازد. درصد SRC اسید سیتریک در سه سطح ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد به ترتیب ۱۱۸/۱۲، ۱۱۶/۰۴ و ۱۲۶/۸۰ بوده است و در دو سطح ۰/۳ و ۰/۴ درصد با آزمون گلوتن مطابقت داشت ولی در سطح ۰/۵ درصد باعث تقویت خمیر شد و آزمون SRC نتیجه مورد انتظار که افزایش سطح اسید سیتریک باعث تضعیف خمیر می‌گردد را نشان نداد.

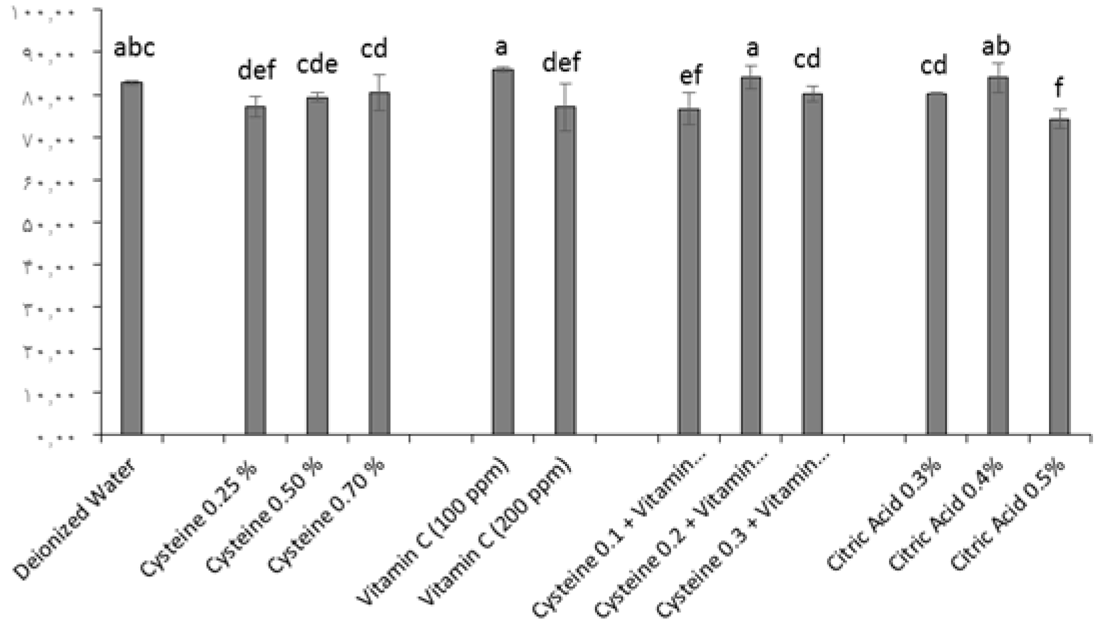
ظرفیت نگهداری حلال (SRC) با حلال کربنات سدیم ۵ درصد برای نمونه مشروط شده با آب مقطر درصد SRC برابر۹۸/۸۴ و برای سیستئین در ۳ سطح ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد به ترتیب ۹۲/۶۶، ۹۶/۹۹ و ۹۵/۶۷ بوده است که با نتایج آزمون گلوتن و اثر احیاکنندگی سیستئین مطابق بود و تا حدی باعث تضعیف خمیر شد. درصد SRC

برای نمونه مشروط شده با ویتامین C ۱۰۰ و ppm ۲۰۰ به ترتیب ۹۹/۵۱ و ۹۲/۵۰ بوده است که در سطح ppm ۱۰۰ با نمودار مشروط شده با آب مقطر تفاوت معناداری نداشت و بی اثر بود (شکل ۳) و در سطح ppm ۲۰۰ نیز با اثر تقویت کنندگی ویتامین C مطابق نبود و آزمون SRC نتوانست نشان دهد که نشاسته آسیب دیده بیشتر، حلال سدیم کربنات بیشتری را در خود نگه داشته است. درصد SRC افزودن همزمان سیستئین ۰/۱+ ویتامین C ppm ۸۰ برابر ۹۱/۰۸، سیستئین ۰/۲+ ویتامین C ppm ۱۰۰ برابر ۱۰۱/۲۷ و سیستئین ۰/۳+ ویتامین C ppm ۱۲۰ برابر ۹۸/۱۹ بود و با نتایج آزمون گلوتن در دو سطح سیستئین ۰/۱+ ویتامین C ppm ۸۰ و سیستئین ۰/۲+ ویتامین C ppm ۱۰۰ تقریبا مطابق بود ولی در سطح سیستئین ۰/۳+ ویتامین C ppm ۱۲۰ با نمودار نمونه مشروط شده با آب مقطر تفاوت معناداری نداشت و بی اثر بود (شکل ۳). درصد SRC اسید سیتریک در سه سطح ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد به ترتیب ۹۶/۷۱، ۹۹/۴۷ و ۹۱/۳۶ بود که نسبتا با آزمون گلوتن مطابقت داشت و نشان داد اسید سیتریک ابتدا اثر تقویت داشت و در سطح بالا باعث تضعیف خمیر شده است.

ظرفیت نگهداری حلال (SRC) با حلال اسید لاکتیک ۵ درصد برای نمونه مشروط شده با آب مقطر درصد SRC برابر۱۰۸/۱۳ و برای سیستئین در ۳ سطح ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد به ترتیب ۹۷/۶۴، ۱۰۳/۱۸ و ۹۹/۱۶ بوده است که با نتایج آزمون گلوتن و اثر احیاکنندگی سیستئین مطابقت داشت و خمیر تضعیف شد. درصد SRC برای نمونه مشروط شده با ویتامین C ۱۰۰ و ppm ۲۰۰ به ترتیب ۱۰۴/۸۷ و ۱۰۱/۳۰ بود که با نتایج آزمون گلوتن و اکسیدکنندگی و تقویت ویتامین C مطابقت نداشت. درصد SRC افزودن همزمان سیستئین ۰/۱+ ویتامین C ppm ۸۰ برابر ۱۰۱/۹۵، سیستئین ۰/۲+ ویتامین C ppm ۱۰۰ برابر ۱۰۷/۹۳ و سیستئین ۰/۳+ ویتامین C ppm ۱۲۰ برابر ۱۰۷/۶۱ بوده است و با نتایج آزمون گلوتن مطابق نبود و در دو سطح سیستئین ۰/۲+ ویتامین C ppm ۱۰۰ و سیستئین ۰/۳+ ویتامین C ppm ۱۲۰ تفاوت معناداری با نمونه مشروط شده با آب مقطر نداشت و بی اثر بود (شکل ۴)، در واقع آزمون SRC نتوانست در دو مورد افزودن ویتامین C و افزودن همزمان سیستئین و ویتامین C نشان دهد که گلوتن بیشتر توانسته حلال اسید لاکتیک بیشتری را در خود نگهداری کند. درصد SRC اسید سیتریک در سه سطح ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد به ترتیب ۱۰۸/۹۹، ۱۰۷/۹۱ و ۱۰۶/۰۶ بود که نشان داد ابتدا در حد خیلی کم باعث تقویت و در سطوح بالاتر موجب تضعیف خمیر شده است که با آزمون گلوتن و همچنین با آزمون گلوتاتیون و بی اثر بودن اسید سیتریک هم مطابقت داشت.

نتایج ظرفیت نگهداری حلال معمول برای مخلوط کردن آرد مورد نیاز برای افزایش حجم نان در گندم قرمز سخت بهاره (HRS) کانادا توسط وون و همکاران (Kweon *et al*., 2011) گزارش شده است، نتایج آنها نشان داد که ظرفیت نگهداری حلال آب مقطر (۷۳ درصد)، اسید لاکتیک (۱۴۸ درصد)، کربنات سدیم (۹۱ درصد) و ساکارز (۱۱۵ درصد) بود.

دایوجونک و همکاران (Duyvejonck *et al*., 2012)، مقادیر SRC برای ارزیابی کیفیت کوکی و نان نوزده نوع آرد تجاری اروپایی را بررسی و ارزش پیش‌بینی آنها را با برخی از پارامترهای کیفیت آرد معمولی، مقایسه کردند. تست‌های SRC برای ارزیابی کیفیت کوکی آرد گندم اروپایی مناسب بودند و آزمایش‌های جایگزین ارزشمندی برای روش‌های رایج کاربردی مانند روش‌های میکسوگراف، فارینوگراف و آلوئوگراف بودند. SRC آب و تا حدودی مقادیر SRC سدیم کربنات و ساکارز، تست‌های خوبی برای ارزیابی قطر کوکی‌ها از آرد گندم اروپایی بودند. به میزان کمتری، آزمایش‌های SRC توانستند برای ارزیابی کیفیت نان خمیر آرد گندم اروپایی مفید باشند. آزمایش SRC اسید لاکتیک توانست حجم نان را ارزیابی کند، به خصوص زمانی که مقدار SRC اسید لاکتیک به دست آمده برای سهم پلیمرهای غیر گلوتنین با تقسیم مقدار SRC اسید لاکتیک بر مجموع مقادیر SRC سدیم کربنات و ساکارز تصحیح شود. همچنین، مقدار SRC آب توانست پیش بینی خوبی برای کیفیت نان داشته باشد، زیرا حجم نان معمولا زمانی افزایش می‌یابد که درصد آب لازم برای تولید خمیر با قوام مطلوب پس از اختلاط افزایش یابد. یک مزیت کلی تست‌های SRC این است که بسیار در دسترس هستند و زمان زیادی نمی‌برند. علاوه بر این، آن‌ها برای افشای اطلاعات در مورد سهم ترکیبات مختلف در کیفیت آرد، به نیروی کار ماهر نیاز ندارند. همچنین، برای ارزیابی کافی کیفیت آرد برای یک محصول نهایی خاص، همیشه نیازی به تعیین کل مشخصات SRC نیست.

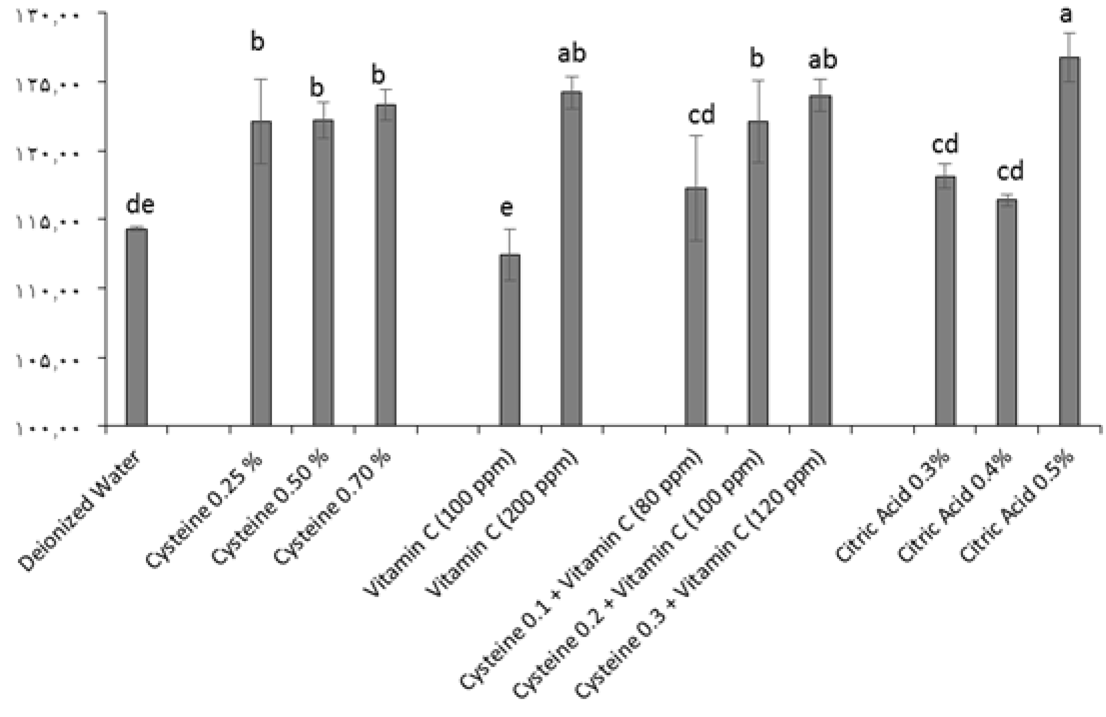


شکل ۱- مقدار درصد ظرفیت نگهداری حلال در حلال آب دیونیزه و در تیمارهای متفاوت ویتامین C، سیستئین و اسید سیتریک

Fig. 1- The percentage of solvent storage capacity in deionized water solvent and in different treatments of vitamin C, cysteine and citric acid

* حروف مشترک نشانه عدم معنی‌داری و حروف غیر مشترک دلالت بر اختلاف معنی‌دار دارد.

Common letters indicate lack of significance and non-common letters indicate meaningful differences.*

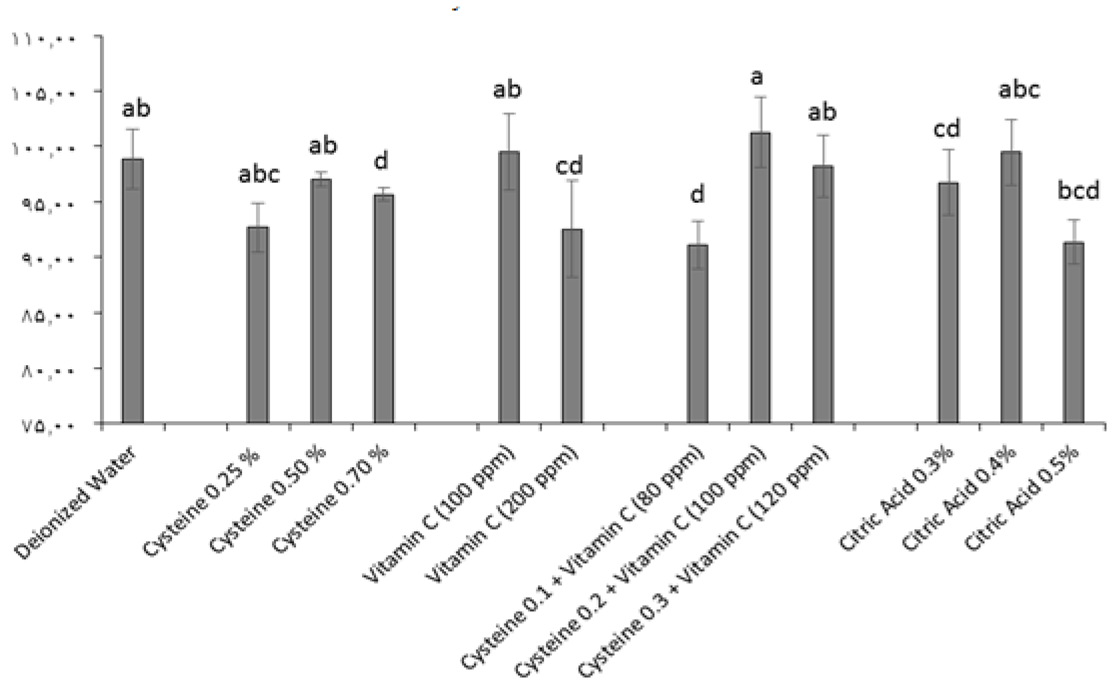


شکل ۲- مقدار درصد ظرفیت نگهداری حلال در حلال ساکارز ۵۰ درصد و در تیمارهای متفاوت ویتامین C، سیستئین و اسید سیتریک

Fig. 2- The percentage of solvent storage capacity in sucrose 50% solvent and in different treatments of vitamin C, cysteine and citric acid

* حروف مشترک نشانه عدم معنی‌داری و حروف غیر مشترک دلالت بر اختلاف معنی‌دار دارد.

Common letters indicate lack of significance and non-common letters indicate meaningful differences.*

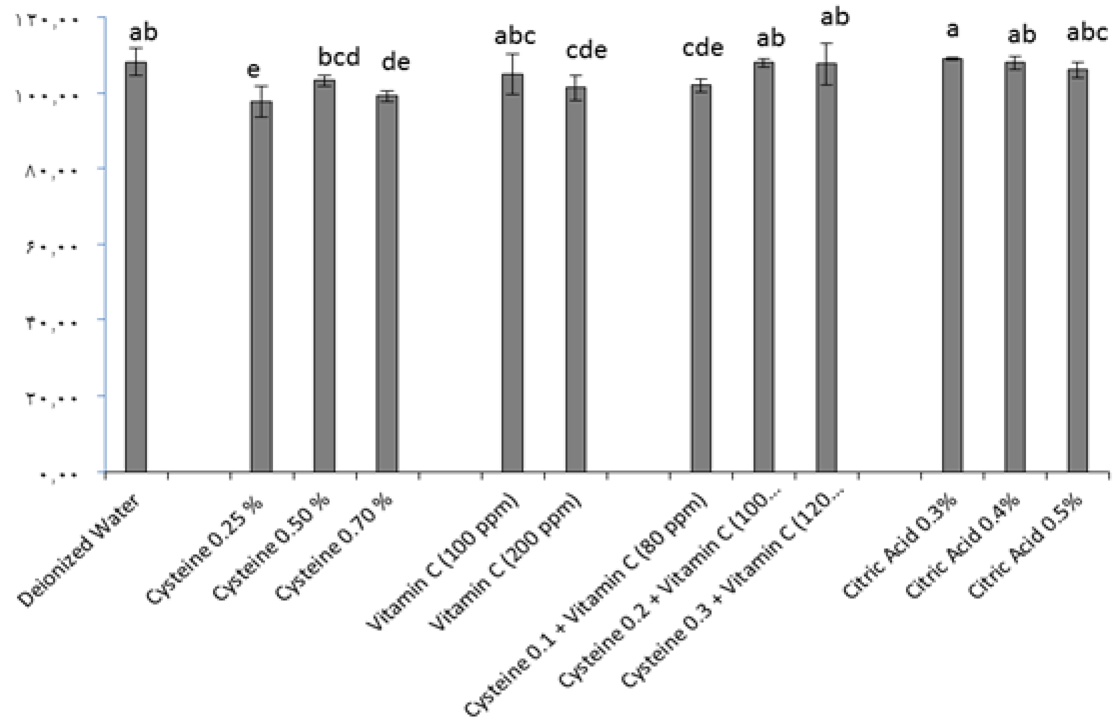


شکل ۳- مقدار درصد ظرفیت نگهداری حلال در حلال سدیم کربنات ۵ درصد و در تیمارهای متفاوت ویتامین C، سیستئین و اسید سیتریک

Fig. 3- The percentage of solvent storage capacity in sodium carbonate 5% solvent and in different treatments of vitamin C, cysteine and citric acid

* حروف مشترک نشانه عدم معنی‌داری و حروف غیر مشترک دلالت بر اختلاف معنی‌دار دارد.

Common letters indicate lack of significance and non-common letters indicate meaningful differences.*



شکل ۴- مقدار درصد ظرفیت نگهداری حلال در حلال لاکتیک اسید ۵ درصد و در تیمارهای متفاوت ویتامین C، سیستئین و اسید سیتریک

Fig. 4- The percentage of solvent storage capacity in lactic acid 5% solvent and in different treatments of vitamin C, cysteine and citric acid

* حروف مشترک نشانه عدم معنی‌داری و حروف غیر مشترک دلالت بر اختلاف معنی‌دار دارد.

Common letters indicate lack of significance and non-common letters indicate meaningful differences.*

نتیجه‌گیری

طبق آزمون‌های انجام شده در این پژوهش نتایج به این صورت بود که بر اساس آزمون وزن هزار دانه گندم روشن را می‌توان در دسته گندم‌های با کیفیت خوب قرار داد. مقدار متوسط وزن هکتولیتر ۶۸ تا ۸۴ کیلوگرم و نتیجه آزمون وزن هکتولیتر گندم روشن در محدوده متوسط قرار داشت. رطوبت گندم با توجه به حداقل و حداکثر مقدار رطوبت گندم در محدوده قابل قبول بود و نتیجه آزمون رنگ‌سنجی نشان داد که گندم روشن درصد بیشتری روشنایی (سفیدی) داشت، سپس درصد زردی و قرمزی آن به ترتیب کمتر بودند. بر اساس آزمون اندازه‌گیری ابعاد دانه، گندم روشن در دسته دانه‌های بلند قرار داشت. مقدار pH آرد گندم روشن و درصد خاکستر در محدوده مناسب قرار داشت. نتایج حاصل از آزمون اندازه ذرات آرد در این بررسی نشان داد که بیشتر ذرات دارای اندازه ریز بودند. با توجه به عدد زلنی بدست آمده و این که محدوده عدد زلنی گندم متوسط ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر است، نوع گندم مورد مطالعه متوسط بود.

آزمون‌های گلوتن، گلوتاتیون، سولفیدریل– دی سولفید و ظرفیت نگهداری حلال روی نمونه آردهای گندم مشروط شده با مواد افزودنی صورت گرفت، بر اساس بررسی نتایج مطالعات و تحقیقات پیشین انتظار می‌رفت ویتامین C اکسید کننده بوده و موجب تقویت خمیر گردد ولی سیستئین احیا کننده بوده و خمیر را تضعیف کرد، اسید سیتریک باعث تقویت خمیر و افزایش سطح آن باعث تضعیف خمیر شود ولی اثر آن در حد ناچیزی بوده و می‌توان آن را تقریبا بی اثر دانست. بر اساس نتایج آزمون گلوتن و گلوتاتیون، با افزودن اسید آسکوربیک، سیستئین و اسید سیتریک نتایج مورد انتظار بدست آمد و افزودن همزمان سیستئین و اسید آسکوربیک باعث تقویت خمیر شد، نتایج آزمون‌های سولفیدریل– دی سولفید نشان داد که با افزایش مقدار ویتامین C در سه سطح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ppm بر تعداد پیوندهای دی سولفید افزوده شد (اثر تقویت خمیر) هر چند این روند بصورت خطی خود را نشان نداد، با افزودن سیستئین احیا کننده عکس حالت فوق پدیدار شد (تضعیف خمیر). افزودن اسید سیتریک اثر معنی‌داری بر نتیجه نداشت، با افزودن هر دو ترکیب احیا و اکسید کننده مشخص گردید که اثر اکسیدکنندگی ویتامین C به‌مراتب بیشتر از تاثیر احیاکنندگی سیستئین بود. نتایج آزمون ظرفیت نگهداری حلال با چهار حلال مختلف نیز به این صورت بود که در برخی از سطوح تیمارها نتایج مورد انتظار حاصل شد و در مورد سایر سطوح چنین نبود.

منابع

1. AACC. (2003). *Approved Methods of AACC*. St. Paul, Minnesota, USA.
2. Barron, C., Surget, A., & Rouau, X. (2007). Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. *Journal of Cereal Science 45*(1): 88-96. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.07.004.
3. Bayram, M., Öner, M.D., & Eren, S. (2004). Effect of cooking time and temperature on the dimensions and crease of the wheat kernel during bulgur production. *Journal Food Enginering* 64: 43-51. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.011.
4. Belitz, H.D., & Grosch, W. (1986). *Food chemistry*. In: *Baked Products.* P.519. https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90052-X.
5. Beveridge, T., Toma, S.J., & Nakai, S. (1974). Determination of SH-and SS-groups in some food proteins using Ellman's Reagent. *Journal of Food Science* 39: 49-51. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb00984.x.
6. Bloksma, A.H., & Bushuk, W. (1988). Rheology and chemistry of dough. In: *Wheat Chemistry and Technology*. Pomeranz, Y. (Ed.). Am. Assoc. *Cereal Chemistry*. St. Paul, MN. pp. 131-217. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.5.720.
7. Chavoshi, M., Arzani, A., Kadivar, M., & Sabzalian, M. (2019). Evaluation of allografic parameters and proteins of chowdham giuten using solvent storage capacity method (2). *7*(2): 163-187.
8. Duyvejonck, A.E., Lagrain, B., Dornez, E., Delcour, J.A., & Courtin, C.M. (2012). Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. *LWT-Food Science. Technology 47*(1): 56-63. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.002.
9. Gaines, C. (2000). Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles (AACC Method 56-11). *Journal of Cereal Foods World 45*(7): 303-306.
10. Gooding, M.J. (2009). *The wheat crop. In: Wheat: chemistry and technology.* (Ed. 4): p. 19-49.
11. Guzman, C., Romano, G.P., Espinosa, N.H., Dorantes, A.M., & Pena, R.G. (2015). A new standard water absorption criteria based on solvent retention capacity (SRC) to determine dough mixing properties, viscoelasticity, and bread-making quality. *Journal of Cereal Science* 66: 59-65. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.10.009.

12. Hammed, A.M., Ozsisli, B., Ohm, J-B., & Simsek, S. (2015). Relationship between solvent retention capacity and protein molecular weight distribution, quality characteristics, and breadmaking functionality of hard red spring wheat flour. *Journal of Cereal Chemistry 92*(5): 466-474. https://doi.org/10.1094/CCHEM-12-14-0262-R.
13. Hoseney, R.C. (1986). *Principles of Cereal and Technology*. AACC. St. Paul, Minnesota, USA, 372s. https://doi.org/10.4141/cjps81-075.
14. Housley, T., Kirleis, A.W., & Patterson, F.L. (1981). An evaluation of seed growth in soft red winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science 61*(3): 525-534.
15. Ijaz, A., Anjum, F.M., & Butt, M.S. (2001). Quality characteristics of wheat varieties grown in Pakistan from 1933 to 1996. *Journal of Food Sciences (Pakistan).*
16. Kadivar, M. (2010). *Grain technology*. Isfahan University of Technology Publications.
17. Kaur, A., Singh, N., Ahlawat, A.K., Kaur, S., Singh, A.M., Chauhan, H., & Singh, G.P. (2013). Diversity in grain, flour, dough and gluten properties amongst Indian wheat cultivars varying in high molecular weight subunits (HMW-GS). *Food Research Interntional* 53(1): 63-72. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.009.
18. Kweon, M., Slade, L., & Levine, H. (2011). Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding- A review. *Journal of Cereal Chemistry* 88: 537-552. https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-11-0092.
19. Kweon, M., Slade, L., & Levine, H. (2011a). Development of a benchtop baking method for chemically leavened crackers. I. Identification of a diagnostic formula and procedure. *Journal of Cereal Chemistry* 88: 19-24. https://doi.org/10.1094/CCHEM-08-10-0110.
20. Lagrain, B., Brijs, K. & Delcour, J.A. 2006. Impact of redox agents on the physico-chemistry of wheat gluten proteins during hydrothermal treatment. *Journal of Cereal Science*. 44(1): p. 49-53. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.03.003.
21. Levine, H., & Slade, L. (2004). Influence of hydrocolloids in low-moisture foods-A food polymer science approach. In: *Gums and Stabilisers for the Food Industry*. Williams P. A. and Phillips, G. O. (Eds.). *Royal Soc. Chemistry*, Cambridge, UK. pp. 425-436. https://doi.org/10.1039/9781847551214-00423.
22. Mariotti, M., Lucisona, M., Pagani, M.A., & Ng, P.K.W. (2016). Effects of dispersing media and heating rates on pasting profiles of wheat and gluten-free samples in relation to their solvent retention capacities and maxing properties. *Journal of LWT-Food Science Technology* 66: 201-210. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.041.
23. Mosavi, B., & Kadivar, M. (2017). Effects of salt addition during conditioning of wheat on dough rheological properties. *Journal of Food Industry Research 27*(3): 37-46. https://doi.org/10.1111/jfpp.13631.
24. Payan, R. (2011). *An introduction to grain technology*. Aizh Publications. Tehran.
25. Pomeranz, Y. (1987). *Modern cereal science and technology.* VCH Publications. NewYork, NY.
26. Rajabzadeh, N. *Grain technology*. Tehran University Publications.
27. Rasper, V.F., Hardy, K.M., & Fulcher, G.R. (1985). Constant water content vs. constant consistency techniques in alveography of soft wheat flours. In: *Rheology of Wheat Products*. Faridi, H. (Ed.). Am. Assoc. *Cereal Chemistry*. St. Paul, MN. pp. 51-73.
28. Ravi, R., Manohar, R.S., & Rao, P.H. (2000). Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. *Journal of European Food Research and Technology 210*(3): p. 202-208. https://doi.org/10.1007/PL00005512.
29. Sahi, S.S. (2014). Ascorbic acid and redox agents in bakery systems. In: *Bakery products science and technology*: p. 183-197. https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch10.
30. Schofield, J.D., & Chen, X. (1995). Analysis of free reduced and free oxidised glutathione in wheat flour. *Journal of Cereal Science* 21:127-136. https://doi.org/10.1016/0733-5210(95)90028-4.
31. Slade, L., & Levine, H. (1994). Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. In: *The Science of Cookie and Cracker Production*. Faridi, H. (Ed.). *Chapman and Hall*, New York. pp. 23-141.
32. Wrigley, C.W., & Bietz, J.A. (1988). *Protein and amino acids. In: Wheat Chemistry and Technology* vol: 1. Pomeranz, Y. (Ed.). AACC, Inc. St. Paul, Minnesota. pp. 159 – 275.
33. Zeleny, L. (1971). *Criteria of wheat quality. In: Wheat Chemistry and Technology* Vol: 3. Pomeranz, Y. (Ed.). AACC, St Paul, Minnesota. pp. 19-49.
34. Zheng, C., Sun, D.W., & Zheng, L. (2006). Recent developments and application of image features for food quality evaluation and inspection. *Journal of Food science. Techno*logy 17: 113-128. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.06.005.